

## PERBAIKAN KUALITAS AIR LIMBAH INDUSTRI FARMASI MENGUNAKAN KOAGULAN BIJI KELOR (*Moringa oleifera Lam*) DAN PAC (*Poly Aluminium Chloride*)

Etih Hartati, Mumu Sutisna, dan Windi Nursandi S.

Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Nasional (ITENAS)  
Jl PHH Mustopha No.23, Bandung, 40124.

E-mail: etih\_09@yahoo.com

### Abstrak

Salah satu cara pengolahan limbah secara kimia adalah melalui proses koagulasi-flokulasi. Proses koagulasi-flokulasi dapat menggunakan bahan koagulan sintesis dan alami. Pada penelitian ini dilakukan pengolahan air limbah yang berasal dari industri farmasi melalui proses koagulasi-flokulasi dengan menggunakan koagulan biji kelor dan PAC. Proses pengolahan dilakukan secara bertahap, pengolahan pertama menggunakan biji kelor kemudian dilanjutkan dengan menggunakan PAC. Berdasarkan hasil perbandingan terhadap baku mutu limbah cair untuk kegiatan industri, karakteristik akhir air limbah yang telah diolah melalui dua tahap pengolahan tersebut masih melebihi standar baku mutu yang ditetapkan. Namun, pengolahan sudah dapat mengurangi warna 99,67 %, kekeruhan 98,85 %, COD 78,25 %, BOD 81,96 %, TSS 96 %, nitrogen total 59,68 %, dan fenol 88,71 % terhadap karakteristik awal air limbah.

### Abstract

**Improvement of Pharmacy Industrial Wastewater Quality using Coagulant Kelor Seed and PAC.** One of the chemical treatments of waste water is coagulation-flocculation process. In general, coagulation-flocculation process uses synthetic and natural coagulant material. This research was to compare the use of coagulant kelor seed and of PAC in wastewater treatment from pharmacy industry by coagulation-flocculation process. The result of comparison to the standard quality of wastewater, it was known that characteristic of pH; COD; BOD; TSS; total nitrogen; and phenol within wastewater still exceed the standard quality of wastewater. But the treatment was able to reduce: colors 99,67 %, turbidity 98,85 %, COD 78,25 %, BOD 81,96 %, TSS 96 %, total nitrogen 59,68 %, and phenol 88,71 %.

**Keywords :** coagulant, *Moringa oleifera lam*, PAC, wastewater

### 1. Pendahuluan

Kegiatan industri telah menjadi bagian yang tak terpisahkan dari kehidupan, sehingga memberikan dampak positif bagi manusia dan juga dapat memberikan dampak negatif berupa kerusakan lingkungan akibat pengelolaan limbah yang tidak baik. Pengolahan air limbah secara cermat dan terpadu perlu dilakukan, karena air limbah yang dihasilkan dari industri termasuk industri farmasi mengandung berbagai macam polutan, antara lain koloid yang tidak bisa langsung mengendap. Pemisahan koloid ini dapat dilakukan dengan cara penambahan koagulan kimia yang diikuti dengan pengadukan lambat (flokulasi) sehingga menyebabkan penggumpalan partikel-partikel

koloid yang kemudian sebagian besar dapat dipisahkan dengan sedimentasi [1].

Proses koagulasi merupakan destabilisasi koloid dengan adanya pembubuhan koagulan, sedangkan flokulasi merupakan proses penggumpalan partikel-partikel kecil menjadi gumpalan yang lebih besar sehingga mudah mengendap. Bahan koagulan dapat berupa sintesis seperti ferro sulfat, alum, dan *poly aluminium chloride* (PAC). Selain bahan kimia sintesis, terdapat bahan-bahan yang berasal dari tumbuh-tumbuhan tropis yang dapat digunakan sebagai koagulan diantaranya adalah biji kelor (*Moringa oleifera Lam*). Berbagai penelitian yang telah dilakukan menyatakan bahwa biji kelor merupakan biokoagulan yang efektif untuk memperbaiki sifat fisika-kimia air limbah yang berasal

dari industri pulp dan kertas [2], industri penyamakan kulit [3], dan industri tekstil [4]. Berdasarkan hal tersebut, maka pada penelitian ini digunakan biji kelor dan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) untuk mengolah air limbah yang berasal dari industri farmasi.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan biji kelor (*Moringa oleifera Lam*) sebagai biokoagulan (dari kota Pasuruan, Jawa timur) dan PAC dalam bentuk bubuk. Tahapan penelitian adalah analisis karakteristik fisika-kimia air limbah industri farmasi, kemudian perbandingan awal kemampuan biokoagulan dan PAC dalam mengolah air limbah, hal ini untuk menentukan jenis koagulan mana yang terlebih dahulu digunakan. Penelitian dilanjutkan dengan penentuan dosis optimum koagulan, kemudian pengolahan dengan dosis optimum koagulan, dan analisa karakteristik air hasil pengolahan.

Biji kelor yang digunakan adalah yang tidak busuk dan tidak keropos, kemudian dikupas kulitnya lalu dihaluskan dan dipanaskan pada suhu sekitar 60°C untuk menghilangkan kadar air, setelah itu diayak dengan ukuran 24 mesh, sehingga diperoleh biji kelor dalam bentuk bubuk.

Dalam uji awal kemampuan biji kelor mengolah air limbah, dilakukan uji coba dosis 5.000, 7.500 dan 10.000 ppm dengan jar test kecepatan pengadukan 100 rpm selama 10 menit dilanjutkan 60 rpm selama 15 menit, pengamatan dilakukan selama 3x24 jam terhadap pembentukan flok, penurunan warna sampel. Dosis yang optimum digunakan dalam penentuan pH optimum dengan variasi pH: 3,5, 4, 6,5, 7, 8, 9, 10, dan 11,3 serta lama pengadukan jar test seperti pada percobaan sebelumnya, pengaturan pH dengan penambahan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> atau NaOH. Indikator untuk menentukan pH optimum ditinjau dari pembentukan flok dan penurunan warna yang paling baik, nilai ini digunakan untuk menentukan dosis optimum biokoagulan.

Pada uji awal PAC dalam mengolah air limbah, dilakukan uji coba dosis 10.000, 50.000, dan 100.000 ppm dengan kecepatan, lama pengadukan, dan lama pengamatan jar test seperti percobaan sebelumnya. Dosis yang optimum digunakan untuk menentukan pH optimum PAC dengan variasi pH: 5, 6, 7, dan 8. Nilai pH optimum yang diperoleh digunakan untuk menentukan dosis optimum PAC.

Penentuan jenis koagulan awal yang digunakan dengan membandingkan kedua koagulan tersebut kemudian dipilih dosis terkecil yang mampu mengolah air limbah. Pada penentuan dosis optimum biokoagulan menggunakan rentang dosis 0 ppm sebagai kontrol, 5.000, 7.500, 10.000, 12.500, 17.500, 20.000, 22.500, 30.000, 35.000, 37.500, 40.000, 42.500, 45.000 dan

50.000 ppm, sedangkan penentuan dosis optimum PAC pada rentang dosis 0, 30.000, 35.000, 37.500, 40.000, 45.000, dan 50.000 ppm. Kedua uji coba tersebut menggunakan jar test kecepatan 100 rpm selama 10 menit kemudian 60 rpm selama 10 menit, dan parameter yang diamati adalah warna, kekeruhan, pH, TSS (*Total Suspended Solid*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), fenol dan Nitrogen total. Dosis optimum dilihat dari penurunan parameter yang terbesar.

Baku mutu yang digunakan untuk menganalisa hasil pengolahan adalah baku mutu limbah cair untuk kegiatan industri farmasi pada Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Barat no 6 tahun 1999 [5].

## 3. Hasil Dan Pembahasan

**Karakteristik awal air limbah.** Karakteristik awal air limbah yang berasal industri farmasi seperti Tabel 1. Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa parameter pH, COD, BOD, TSS, nitrogen total, dan fenol telah melebihi baku mutu, sehingga perlu dilakukan pengolahan terhadap air buangan sebelum masuk ke lingkungan.

**Uji awal kemampuan PAC dalam mengolah air limbah.** Hasil uji awal kemampuan PAC dalam mengolah air limbah pada dosis 10.000, 50.000, dan 100.000 ppm pada Tabel 2.

Sesuai dengan Tabel 2, tidak terjadi indikator flokulasi pada sampel dengan dosis PAC 10.000, 50.000, dan 100.000 ppm dengan variasi pH 5, 6, 7, dan 8. Hal tersebut dapat disebabkan karena belum sesuai dosis PAC yang ditambahkan sehingga tidak terbentuk ikatan antara polimer dan partikulat, yang mengakibatkan pembentukan flok dan penurunan warna sampel tidak terjadi. Selain itu juga dapat disebabkan karena karakteristik air limbah yang terlalu pekat.

**Tabel 1. Karakteristik awal air limbah**

Parameter	Satuan	Karakteristik air limbah	Kep Gub No. 6 Tahun 1999
Warna	Pt-Co	30.000	-
Kekeruhan	NTU	3.500	-
pH	-	11,3	6 – 9
COD	mg/L	8.134	500
BOD	mg/L	2.935	150
TSS	mg/L	5.700	130
Nitrogen total	mg/L	256,93	45
Fenol	mg/L	108,92	5

Tabel 2. Uji awal kemampuan PAC dalam mengolah air limbah

Indikator flokulasi	10.000 ppm				50.000 ppm				100.000 ppm			
	pH5	pH6	pH7	pH8	pH5	pH6	pH7	pH8	pH5	pH6	pH7	pH8
Pembentukan flok	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Penurunan warna	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pembentukan endapan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Keterangan: waktu pengamatan = 3 x 24 jam

(-) → tidak terjadi

(+) → terjadi

Tabel 3. Uji awal kemampuan *Moringa Oleifera Lam* dalam mengolah air limbah

Indikator flokulasi	5.000 ppm	7.500 ppm	100.00 ppm
Pembentukan flok	-	-	+
Penurunan warna sampel	-	-	+
Pembentukan endapan	-	-	+

Keterangan : Kondisi pH awal masing-masing sampel adalah 11.3

Waktu pengamatan: 3 x 24 jam

(-) → tidak terjadi

(+) → terjadi

Tabel 4. Pengukuran waktu pengendapan untuk berbagai variasi dosis

Dosis biokoagulan (x1000 ppm)																
	0	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	30	35	37,5	40	42,5	45	50
Waktu pengendapan (jam)	-	-	-	72	72	72	7	6	5	4	3,5	2	3	3	3,5	6

#### ▪ Uji awal kemampuan *Moringa oleifera lam* dalam mengolah air limbah

Hasil uji awal kemampuan biokoagulan dalam mengolah air limbah pada dosis 5.000, 7.500, dan 10.000 ppm dapat dilihat pada Tabel 3.

Dari hasil pengamatan yang dilakukan, tidak terlihat terjadinya pengendapan flok pada sampel dengan dosis 5.000ppm dan 7.500 ppm, sedangkan pada sampel dengan dosis 10.000 ppm terlihat terjadi pengendapan flok walaupun hasilnya belum maksimal.

#### Penentuan jenis koagulan awal yang digunakan.

Penggunaan PAC sampai 100.000 ppm ke dalam air limbah belum dapat mengendapkan limbah, sedangkan penggunaan biokoagulan *Moringa oleifera Lam* dengan dosis 10.000 ppm telah dapat mengendapkan air limbah meskipun hasilnya belum maksimal. Sesuai dengan hasil tersebut, bahwa biokoagulan *Moringa oleifera* lebih efektif digunakan dalam mengolah air limbah industri farmasi, dibandingkan PAC.

**Penentuan pH optimum biokoagulan.** Berdasarkan hasil analisis, diperoleh pH optimum biokoagulan *Moringa oleifera* adalah pH 8 dengan indikator penurunan warna sampel hingga 4000 Pt-Co atau sebanyak 86,67 %, pada pH tersebut asam amino mengalami ionisasi menghasilkan ion karboksilat dan proton, muatan proton menarik elektron (koloid) membentuk kelompok netral menghasilkan ikatan ion/flok [6].

#### Penentuan dosis optimum biokoagulan

##### • Analisis visual;

Hasil pengukuran waktu pengendapan flok dapat dilihat pada Tabel 4. Waktu pengendapan flok menurun sampai dosis 37.500 ppm, setelah dosis tersebut waktu pengendapan mengalami peningkatan kembali. Dosis optimum biokoagulan yang dapat digunakan untuk mengolah air limbah adalah 37.500 ppm.

Pada dosis kurang dari 37.500 ppm, jumlah muatan positif dari biokoagulan tidak dapat menarik seluruh koloid (muatan negatif) sehingga tidak dapat terikat dan

tergabung menjadi flok. Begitu pula dosis diatas 37.500 ppm, terdapat kelebihan muatan positif sehingga koloid tidak dapat bergabung membentuk flok. Ke dua hal ini menyebabkan waktu pengendapan meningkat. Sedangkan pada dosis 37.500 ppm, seluruh koloid (muatan negatif) akan tertarik pada muatan positif dari biokoagulan [6] sehingga seluruh koloid dapat terikat dan bergabung menjadi flok yang besar dan dapat mengendap dengan cepat.

#### • Analisis fisika-kimia air limbah

Hasil analisis fisika-kimia air limbah yang telah diolah dengan berbagai variasi dosis dapat dilihat pada Tabel 5.

Pada Tabel 5, menunjukkan pada dosis biokoagulan 37.500 ppm terjadi penurunan terbesar dari seluruh parameter, sehingga ini merupakan dosis optimum. Tebbut (1982) menyatakan reaksi yang berlangsung untuk memisahkan warna dengan proses koagulasi sangat tergantung pada pembentukan endapan dari kombinasi zat organik terlarut dan koagulan, sehingga terdapat hubungan antara intensitas warna dan dosis koagulan yang diperlukan untuk pemisahan warna. Partikel-partikel yang ada dalam air akan terdestabilisasi kemudian terflokulasi, flok yang terbentuk akan

memisahkan kekeruhan akibat koloid dalam air. Pada dosis optimum nilai COD merupakan nilai terendah karena biokoagulan mengikat zat organik alami yang berada dalam air kemudian membentuk flok dan mengendap, zat organik alami (*natural organic matter*/NOM) dalam air terdiri dari partikulat dan zat organik terlarut [7]. Pada proses flokulasi, logam dan material terlarut diendapkan bersama flok yang terbentuk [8], sehingga menyebabkan penurunan fenol dalam air limbah.

**Perbandingan kualitas limbah hasil pengolahan dengan baku mutu.** Perbandingan karakteristik akhir air limbah yang diolah menggunakan biokoagulan *Moringa oleifera* terhadap baku mutu limbah cair industri farmasi [5] dapat dilihat pada Tabel 6.

Menurut Tabel 6 menunjukkan bahwa pH air limbah yang diolah dengan biokoagulan dapat memenuhi baku mutu, sedangkan parameter COD, BOD, TSS, nitrogen total, dan fenol dalam air limbah masih melebihi standar baku mutu yang ditetapkan. Untuk mengurangi kadar polutan dalam air limbah tersebut, pada penelitian ini dilakukan pengolahan lanjutan menggunakan PAC (*Poly Aluminium Chloride*).

**Tabel 5. Hasil analisa parameter air limbah pada berbagai variasi dosis**

Parameter	Dosis <i>Moringa Oleifera lam</i> (ppm)						
	30.000	35.000	<b>37.500</b>	40.000	42.500	45.000	50.000
Warna (Pt-Co)	800	700	<b>600</b>	800	900	1.000	1.200
Kekeruhan (NTU)	146	130	<b>75</b>	90	120	136	160
COD (mg/L)	2.550	2.490	<b>2.340</b>	2.730	2.760	2.790	2.850
BOD (mg/L)	649,95	658,05	<b>638,25</b>	666,95	669,35	672,05	673,15
TSS (mg/L)	1.036	620	<b>252</b>	364	476	564	760
Nitrogen Total (mg/L)	91,15	99,46	<b>116,03</b>	149,18	152,49	155,81	185,65
Fenol (mg/L)	32,35	26,58	<b>23,76</b>	25,58	28,93	29,001	36,96

**Tabel 6. Perbandingan karakteristik air limbah awal dan hasil pengolahan dengan biokoagulan dan terhadap baku mutu limbah cair industri farmasi.**

Parameter (1)	Kep Gub No.6 Tahun 1999 (2)	Karakteristik air limbah		Penyisihan (%) (5)=[(3-4)/3].100%	Keterangan (6)=(4 thd 2)
		Awal (3)	Akhir* (4)		
pH	6 -9	11,3	6,16		Memenuhi
Warna (Pt-Co)	-	30.000	600	98	-
Kekeruhan (NTU)	-	3.500	75	97,86	-
COD (mg/L)	500	8.134	2.340	71,23	Melebihi
BOD (mg/L)	150	2.935	638,25	78,25	Melebihi
TSS (mg/L)	130	5.700	252	95,57	Melebihi
Nitrogen total (mg/L)	45	256,93	116,03	54,84	Melebihi
Fenol (mg/L)	5	108,92	23,76	78,19	Melebihi

Keterangan : \* setelah pengolahan dengan biokoagulan

Tabel 7. Karakteristik air limbah awal dan setelah pengolahan dengan *Moringa Oleifera* juga PAC

Parameter (1)	Karakteristik air limbah			Penyisihan (%)		Baku mutu	Keterangan
	Awal (2)	* <i>Moringa oleifera</i> (3)	* PAC (4)	(5)=(3 thd 4)	(6)=(2 thd 4)	(7)	(8)
pH	11,3	6.16	4.92	-	-	6 -9	Melebihi
Warna (Pt-Co)	30.000	600	100	83,33	99,67	-	-
Kekeruhan(NTU)	3.500	75	40,2	46,4	98,85	-	-
COD (mg/L)	8.134	2340	1769,048	24,39	78,25	500	Melebihi
BOD (mg/L)	2.935	638,25	529,40	17,0	81,96	150	Melebihi
TSS (mg/L)	5.700	252	228	9,52	96	130	Melebihi
Nitrogen total (mg/L)	256,93	116,032	103,6	10,71	59,68	45	Melebihi
Fenol (mg/L)	108,92	23,760	12,302	48,22	88,71	5	Melebihi

Keterangan : \* setelah diolah dengan

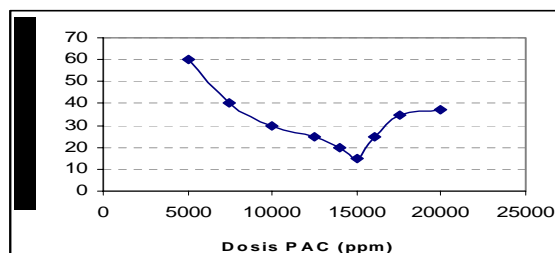
Tabel 8. Penyisihan minimal yang diperlukan untuk mencapai baku mutu

Parameter	Kep Gub No.6 Tahun 1999	Karakteristik air limbah stlh PAC	Penyisihan <b>minimal</b> yang diperlukan (%)	Hasil akhir penyisihan	Keterangan
pH	6 -9	4.92	Menaikan pH	6-9	Memenuhi
Warna (Pt-Co)	-	100	-	-	-
Kekeruhan (NTU)	-	40,2	-	-	-
COD (mg/L)	500	1769,048	71,74	499,93	Memenuhi
BOD (mg/L)	150	529,40	71,67	149,97	Memenuhi
TSS (mg/L)	130	228	42,98	130	Memenuhi
Nitrogen total (mg/L)	45	103,6	56,56	45	Memenuhi
Fenol (mg/L)	5	12,302	59,36	4,99	Memenuhi

### Pengolahan dengan PAC

#### • Penentuan dosis optimum

Hasil pengukuran waktu pengendapan flok untuk menentukan dosis optimum *Poly aluminium chloride* (PAC) seperti Gambar 1. Waktu pengendapan yang paling cepat terjadi pada dosis PAC 15.000 ppm dengan waktu 15 menit. Dosis 15.000 ppm merupakan dosis optimum PAC yang digunakan untuk pengolahan air limbah di dalam penelitian ini.



Gambar 1. Hubungan waktu pengendapan dan dosis PAC

#### • Karakteristik air limbah yang sudah diolah dengan PAC

Karakteristik air limbah yang sudah diolah dengan PAC (*Poly Aluminium Chloride*) dan biokoagulan ditampilkan pada Tabel 7. Berdasarkan Tabel 7 menunjukkan bahwa pengolahan dengan PAC mampu menurunkan seluruh parameter, dan penyisihan tertinggi terjadi pada penurunan warna mencapai 83,33%, namun demikian bila dibandingkan terhadap baku mutu masih melebihi untuk parameter pH, COD, BOD, TSS, nitrogen total, dan fenol air limbah.

Penyisihan parameter yang terjadi dari awal air limbah sampai dengan akhir pengolahan (melalui biokoagulan kemudian PAC) menghasilkan penurunan antara 59,68% sampai 98,85% untuk seluruh parameter, namun bila hasil pengolahan dibandingkan dengan baku mutu masih belum memenuhi, sehingga perlu dilakukan pengolahan lanjutan untuk menurunkan parameter tersebut. Besarnya penyisihan yang diperlukan untuk mencapai baku mutu yang diijinkan seperti pada Tabel 8.

#### 4. Kesimpulan

Pembubuhan biokoagulan *Moringa oleifera* dengan dosis 37.500 ppm ke dalam air limbah yang dilanjutkan dengan pembubuhan PAC sebanyak 15.000 ppm sebagai koagulan dapat menurunkan parameter warna 99,67%, kekeruhan 98,85%, pH turun menjadi 4,92, penurunan COD 78,25%, BOD 81,96%, TSS 96%, Nitrogen total 59,68%, fenol 88,71%, namun bila hasil pengolahan dibandingkan dengan baku mutu masih melebihi yang diijinkan, sehingga perlu penanganan lebih lanjut.

#### Daftar Acuan

- [1] T.H.Y. Tebbut, et al, Principles Of Water Quality Control, terjemahan, Mohajit (Bandung , ITB, 2001), 1982.
- [2] Hidayat, Saleh, Tesis, Efektivitas Bioflokulan Biji *Moringa oleifera*, Lam Dalam Proses Pengolahan Limbah Cair Industri Pulp Dan Kertas, ITB, 1999.
- [3] Sofiani, Rina, Tesis magister, Efektivitas Bioflokulan Biji *Moringa oleifera*, Lam Dalam Memperbaiki Sifat Fisika-Kimia Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit, ITB, 1999.
- [4] Rahardyanto, Tesis magister, Efektivitas Bioflokulan Biji *Moringa oleifera*, Lam Dalam Memperbaiki Sifat Fisika-Kimia Limbah Cair Industri Tekstil, ITB, 1999.
- [5] Keputusan Gubernur no 6 tahun 1999 tentang baku mutu air limbah industri.
- [6] Wibraham, C., Antony, Mata. S. Michael., 1982, Introduction to Organic and Biological Chemistry. Diterjemahkan oleh Suminar Achmadi, ITB, 1992.
- [7] Crittenden, J., Trussel, R., Hand, D., Howe, K., Tchobanoglous, G., Water Treatment Principles and Design, John Willey & Sons, Inc, 2005.
- [8] Alaerts, Santika, S.S., Metoda Penelitian Air, ITS, Surabaya, 1984.